

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **10213538 A**

(43) Date of publication of application: **11 . 08 . 98**

(51) Int. Cl

**G01N 21/00**

**H01J 37/22**

**H01J 37/244**

**H01J 37/28**

**H01J 49/46**

(21) Application number: **09015033**

(71) Applicant: **HITACHI LTD**

(22) Date of filing: **29 . 01 . 97**

(72) Inventor: **KIMOTO KOJI  
TANIGUCHI YOSHIFUMI**

**(54) ENERGY LOSS SPECTRAL SYSTEM**

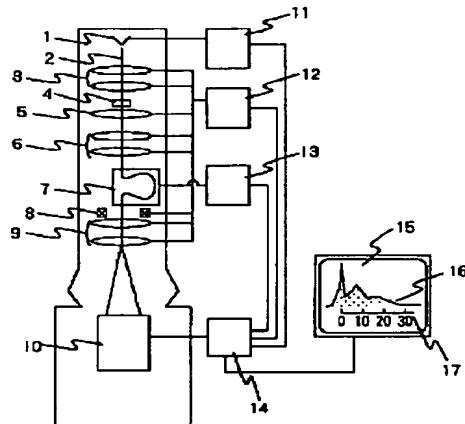
15.

(57) Abstract:

COPYRIGHT: (C)1998,JPO

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To automatically measure an amount of energy loss by obtaining information from an acceleration voltage controller, an electron lens controller and an electronic spectroscope controller so as to count the energy loss amount of an energy loss spectrum.

**SOLUTION:** An electron beam 2 from an electron gun 1 is converged by an irradiation lens 3, transmitted to be magnified by an objective lens 5 and a middle lens 6 and then made incident on an electronic spectroscope 7. Here, the electron beam 2 takes a different track depending on the difference of energy and, during emitting of the electronic spectroscope 7, an energy loss spectrum dispersed by the energy difference is formed. Then, the electron beam is polarized and expanded by a polarizing means 8 and a projection lens 9, it is then detected as the image information of a loss spectrum by an image detector 10 and processed by an image detector controller 14. In this case, information is obtained at least one selected from an acceleration voltage controller 11, an electron lens controller 12 and an electronic spectroscope controller 13, the energy loss amount of an energy loss spectrum is calculated and then displayed by an image display device



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-213538

(43)公開日 平成10年(1998)8月11日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>  
G 0 1 N 21/00  
H 0 1 J 37/22  
37/244  
37/28  
49/46

識別記号  
5 0 1

F I  
G 0 1 N 21/00  
H 0 1 J 37/22  
37/244  
37/28  
49/46

5 0 1 Z

C

審査請求 未請求 請求項の数8 OL (全 5 頁)

(21)出願番号 特願平9-15033

(22)出願日 平成9年(1997)1月29日

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 木本 浩司

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内

(72)発明者 谷口 佳史

茨城県ひたちなか市大字市毛882番地 株式会社日立製作所計測器事業部内

(74)代理人 弁理士 小川 勝男

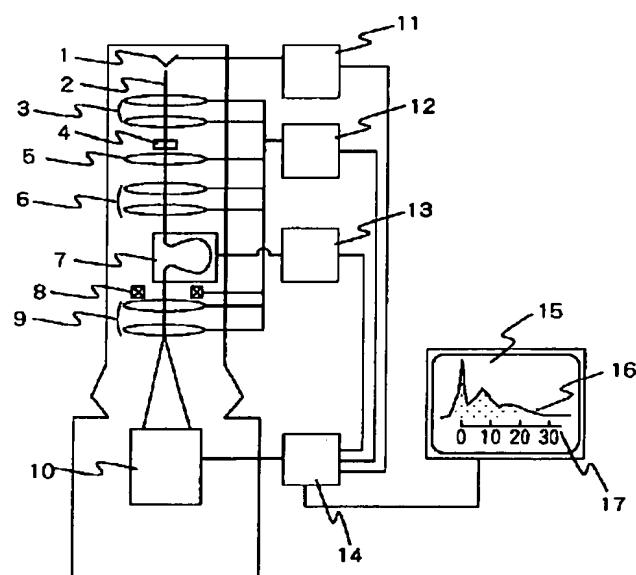
(54)【発明の名称】 エネルギー損失分光法システム

(57)【要約】

【課題】電子分光器と画像検出器とを備えた電子顕微鏡で、エネルギー損失量を計算し表示する機能などを提供する。

【解決手段】画像検出制御装置14は加速電圧制御装置11、電子レンズ制御装置12および電子分光器制御装置13の少なくとも一つから情報を得て、エネルギー損失量を計算し、画像表示装置15に表示する。

図 1



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】電子分光器と、電子による画像を検出する画像検出装置とを備えた電子顕微鏡において、加速電圧制御装置、電子レンズ制御装置および電子分光器制御装置の少なくとも一つより情報を得て、エネルギー損失スペクトルのエネルギー損失量を計算する機能を有することを特徴とするエネルギー損失分光法システム。

【請求項2】請求項1において、前記画像検出器により検出されたエネルギー損失スペクトルを表示する画像表示装置を備え、計算により得られたエネルギー損失量を、前記画像表示装置に同時に表示する機能を有するエネルギー損失分光法システム。

【請求項3】電子分光器と、電子による画像を検出する画像検出装置とを備えた電子顕微鏡において、加速電圧制御装置、電子分光器制御装置および電子レンズ制御装置の少なくとも一つより情報を得て、前記画像検出器の検出領域のうちエネルギー分散方向と強度積分方向からなる画像検出領域を自動的に設定する機能を有することを特徴とするエネルギー損失分光法システム。

【請求項4】電子分光器と、電子による画像を検出する画像検出装置とを備えた電子顕微鏡において、加速電圧、電子の偏向量および前記電子分光器の少なくとも一つを変化させて計測した画像から、エネルギー分散量を計算する機能を備えたことを特徴とするエネルギー損失分光法システム。

【請求項5】電子分光器と、電子による画像を検出する画像検出装置とを備えた電子顕微鏡において、加速電圧制御装置、電子レンズ制御装置および電子分光器制御装置の少なくとも一つを動作させて計測した画像情報から、エネルギー分散方向の軸と強度積分方向の軸からなる画像検出領域を設定する機能を有することを特徴とするエネルギー損失分光法システム。

【請求項6】電子分光器と、電子による画像を検出する画像検出装置とを備えた電子顕微鏡において、前記画像検出器に投影された、エネルギー損失スペクトルのエネルギー分散方向と垂直な方向に、時間とともに変動する偏向作用を与える偏向手段を設けたことを特徴とするエネルギー損失分光法システム。

【請求項7】請求項6において、前記偏向手段は、前記電子分光器により形成される色消し像近傍に設置したエネルギー損失分光法システム。

【請求項8】前記画像検出器を1次元電子強度検出器とした請求項1、2、3、4、5、6、7または8に記載のエネルギー損失分光法システム。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は電子分光器を備えた透過型電子顕微鏡、およびそれを用いたエネルギー損失分光法システムに関する。

## 【0002】

10

【従来の技術】従来、電子分光器を備えた電子顕微鏡によりエネルギー損失分光法を行う手段は、90°型の磁場セクターと1次元（ライン）フォトダイオードアレイを用いて観察していた。画像検出器と電子顕微鏡とが別々の製造メーカーにより製作され別個の制御装置で制御されていたため、これまでには画像検出器と電子分光器とが統合されたシステムになっていたなかった。そのためエネルギー損失スペクトルのエネルギー損失量は操作者がデータを入力して設定しなくてはならなかつた。さらに、画像検出器の各画素が飽和するほどの強度をエネルギー損失スペクトルが持つ場合、そのダイナミックレンジを広げる手段は提供されていなかつた。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】以上のように、電子分光器付きの電子顕微鏡の場合、電子分光器の制御部と電子顕微鏡本体との制御部とが情報を交換することができなく独立して動作していたため、エネルギー損失スペクトルのエネルギー損失量を知るためには複雑な手順を必要とした。

20

## 【0004】

【課題を解決するための手段】本発明は、電子顕微鏡本体を構成する電子銃、照射レンズ系、対物レンズ、中間レンズ系、偏向手段、投影レンズ系、加速電圧制御装置、電子レンズ制御装置、およびそれに付加された、電子分光器、電子分光器制御装置、画像検出器および画像検出器制御装置より構成される。

30

【0005】本発明で、電子銃より出射した電子線は照射レンズ系により試料に照射される。試料を透過した電子線は、対物レンズおよび中間レンズにより拡大され、電子分光器に入射する。電子分光器では試料を透過した時に失ったエネルギーの違いにより異なる偏向作用を受け、その結果エネルギー損失スペクトルが形成される。形成されたエネルギー損失スペクトルは投影レンズにより拡大され、画像検出器により検出される。偏向手段は必要に応じて、エネルギー損失スペクトルを偏向する。画像検出器により検出された画像情報は、画像検出器制御装置により画像処理され、その結果は画像表示装置に表示される。画像処理では例えば、画像中の任意の長方形の領域について、その一方向を座標とし、もう一方向にはその方向の画素の強度を積分した強度を計算するなどして、座標と強度からなるスペクトルデータを生成する。

40

画像検出器制御装置は、加速電圧制御装置、電子レンズ制御装置および電子分光器制御装置より情報を得て、エネルギー損失量を計算する機能を有する。さらに画像検出器制御装置は、加速電圧制御装置、電子レンズ制御装置および電子分光器制御装置の少なくとも一つと通信し、その機能の一部を制御する機能を有する。電子レンズ制御装置は電子顕微鏡のレンズ電流（拡大倍率）や偏向手段による偏向量を制御する。加速電圧制御装置は加速電圧を制御する。電子分光器制御装置は、電子分光器のレ

50

ンズ電流を制御する。

### 【0006】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照しつつ実施例を説明する。図1は本発明の全体図を示したものである。

1は電子銃、2は電子線、3は照射レンズ系、4は試料、5は対物レンズ、6は中間レンズ系、7は電子分光器、8は偏向手段、9は投影レンズ系、10は画像検出器、11は加速電圧制御装置、12は電子レンズ制御装置、13は電子分光器制御装置、14は画像検出器制御装置、15は画像表示装置、16は計測されたエネルギー損失スペクトル、17はエネルギー損失量の表示である。

【0007】電子銃1より出射された電子線2は照射レンズ系3により収束された後、試料4の目的とする領域に照射される。試料4を透過した電子線2は対物レンズ5および中間レンズ系6により拡大され、電子分光器7に入射する。電子分光器7内では電子線はエネルギーの差により異なる軌道を取る。その結果電子分光器7を出射する時には、電子線はエネルギーの差によって分光された(分けられた)、エネルギー損失スペクトルを形成する。

その後電子は、偏向手段8および投影レンズ系9により偏向および拡大され、画像検出器10により、エネルギー\*

$$E_L = \Delta E + d_1 + d_2$$

### 【0010】

$$ED = D(E_0) \times m$$

ここで、 $D(E_0)$ とは、エネルギー分散Dが加速電圧 $E_0$ の関数であることを表わす。

【0011】従来では、操作者はエネルギー分散量や損失量の絶対値を求める場合、操作者が、おのおののパラメータをそれぞれの制御装置から読み出す作業と、数1および数2を用い計算する作業とを行わなくてはならなかつた。特に電子顕微鏡の作業は暗室で行われることが多く、実際には極めて長い作業時間をしていた。そのため多くはオフライン、すなわち計測を完全に終了した後、解析を行っていた。本発明より、操作者は複雑な手順を踏むことなく、直ちにエネルギー損失量を画像表示装置より読み取ることが可能となる。その結果、解析時間の大幅な短縮に加え、従来は困難であった、オンラインでのエネルギー損失量の計測が可能となる。

【0012】図2は本発明の説明図である。画像検出器10により検出されるエネルギー損失スペクトルは図3(a)および(b)に示すように線状もしくは帯状になっており、長手方向がエネルギー損失量の違いに相当する。エネルギー分散方向の軸18、それと垂直な方向が強度積分をする方向の軸19である。投影レンズ系9の投影倍率を変化させることによりエネルギー分散を変化させることができるが、その際、電子レンズの特性から、エネルギー分散方向や投影される位置が変化した様な图形

(b)が得られる。本発明では、加速電圧制御装置、電子分光器制御装置および電子レンズ制御装置の少なくとも一つより情報を得て、図2(c)に示すように、その

\* 損失スペクトルの画像情報として検出される。画像検出器10により検出されたエネルギー損失スペクトルは、画像検出器制御装置14により処理された後、画像表示装置15に表示される。

【0008】本発明では、画像検出器制御装置14は加速電圧制御装置11、電子レンズ制御装置12および電子分光器制御装置13の少なくとも一つから情報を得て、エネルギー損失スペクトルのエネルギー損失量を計算する機能を有し、さらに画像表示装置15に表示したエネルギー損失スペクトル16に同時にエネルギー損失量の表示17を示す機能を持つ。本実施例で画像検出器制御装置が、各制御装置から得る情報とは、次に示す情報である。(1) 加速電圧制御装置から取得する、加速電圧値 $E_0$ と加速電圧のオフセット値 $\Delta E$ 、(2) 電子レンズ制御装置から取得する、投影レンズ系9の倍率 $m$ 、偏向手段8による偏向量 $d_1$ 、(3) 電子分光器制御装置から取得する、エネルギー分散 $D$ 、電子分光器のオフセット量 $d_2$ などである。これらの情報より、エネルギー損失量 $E_L$ およびエネルギー分散の値 $ED$ は次の式で表される。

### 【0009】

#### 【数1】

$$\dots (数1)$$

#### 【数2】

$$\dots (数2)$$

計測条件に適当なエネルギー分散方向の軸18と強度積分方向の軸19を設定し、強度積分方向に各画素の強度を積分した強度変化を、前記画像表示装置に表示する。その結果、操作者は画像検出器におけるエネルギー分散方向の変化に関わらず、エネルギー損失スペクトルを計測することが可能になる。

【0013】図3は他の実施例の説明図である。本発明では、電子分光器7により形成されたエネルギー損失スペクトルのエネルギー分散方向と垂直な方向に、偏向手段8によって偏向され、その結果、画像検出器上では、図3に示されたように、強度積分方向に伸びたエネルギー損失スペクトル图形が得られる。その結果、エネルギー損失スペクトルの計測に、多くの画素を割り当てるため、計測のダイナミックレンジが拡大され、より精密なエネルギー損失スペクトルを計測できる。例えば、強度積分方向にN倍伸ばした場合、ダイナミックレンジがN倍となり、スペクトルに含まれる量子ノイズは $\sqrt{N/N}$ に低下する。例えば、5倍に拡大した場合には、量子ノイズは0.45倍と小さくなる。その結果、高いS/Nでスペクトルを計測することが可能となり、高感度に元素を検出することが可能になる。

【0014】図4は他の実施例の説明図である。本発明では、図4(a)に示すように、加速電圧制御装置、電子レンズ制御装置もしくは電子分光器制御装置の少なくとも一つを動作させ、エネルギー損失量が等間隔に異なるエネルギー損失スペクトルを計測する。次に画像のピーク

を検出し、その位置を最小二乗フィッティングすることによりエネルギー分散方向の軸を決定し、さらにエネルギー分散量も決定できる。また、他の方法は、図4と同様の图形を取得した後その图形をフーリエ変換し、強度の最大値を持つ点と方向から、エネルギー分散の量と方向を知ることもできる。これらにより、操作者は複雑な手順を踏むことなく、エネルギー分散の値とエネルギー分散方向の軸とを実測することができる。

## 【0015】

【発明の効果】エネルギー損失スペクトルを取得する際の、エネルギー損失量の計測が自動化される、もしくは簡\*

\*便になるといった利点があり、また、ダイナミックレンジの拡大の効果もある。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の全体図。

【図2】本発明のための説明図。

【図3】本発明のための説明図。

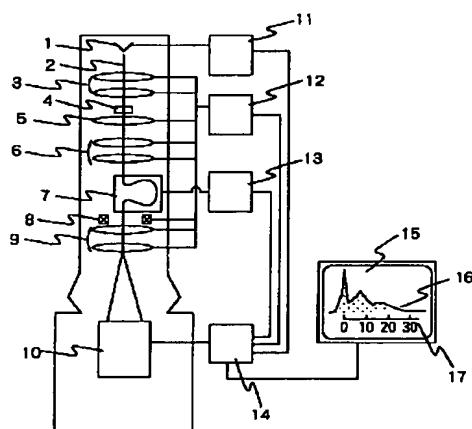
【図4】本発明のための説明図。

## 【符号の説明】

1 1…加速電圧制御装置、1 2…電子レンズ制御装置、  
1 3…電子分光器制御装置、1 4…画像検出器制御装置、  
1 5…画像表示装置。

【図1】

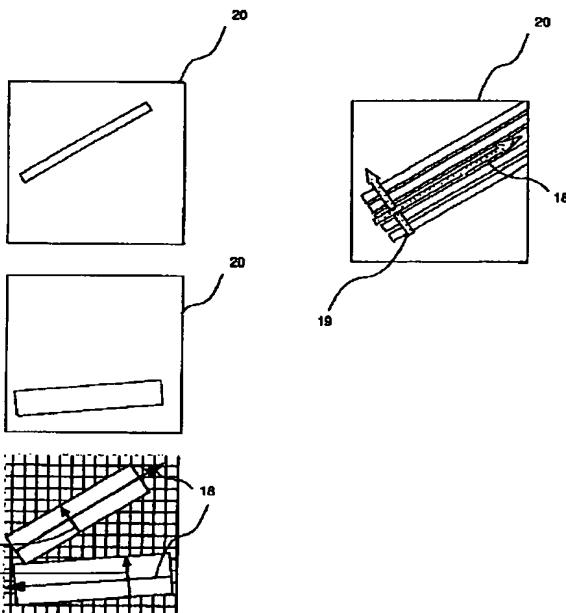
図1



【図2】

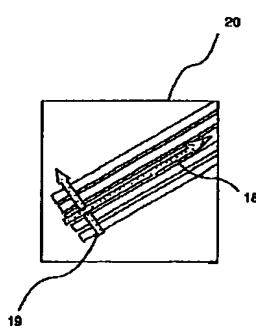
図2

(a)  
(b)  
(c)



【図3】

図3



【図4】

図 4

